

# 大豆钼素研究\*

吴明才 肖昌珍

(中国农业科学院油料研究所)

## 摘 要

本文报导了我国黄淮及长江中下游大豆产区土壤有效钼低于 0.15ppm 的点次达 98%,在缺钼条件下,钼主要分布于大豆根和叶,不缺钼则主要存在于根和茎中,后期钼主要贮于种子中;大豆有富集钼功能;缺钼大豆的光合作用和固氮酶活性降低。硝酸还原酶(NR)活性及叶绿素含量,在水培介质为 0.05—0.1 ppm 范围内,与钼浓度正相关;大豆各器官及全株干重变化亦有类似趋势;施钼提高了除胱氨酸和异亮氨酸外的其它 15 种氨基酸含量,而油酸和亚油酸含量则有所下降;施钼大豆平均增产 17%。

**关键词** 钼;固氮酶;硝酸还原酶;氨基酸;大豆

钼最早证明是固氮菌、豆科植物和某些藻类固氮的必需元素。蕃茄试验表明,钼也是非豆科植物必需营养元素<sup>[5]</sup>。并首次从叶中分离出 NR<sup>[6]</sup>,钼为 NR 的成分,起电子传递作用,在固氮酶中为钼蛋白成分,在氮代谢中发挥主要作用。生化研究重点在于 NR 复合体功能部位和固氮机制。

我国大豆钼素应用研究始于 60 年代,朱淇等人报导了东北黑土施钼对大豆的增产效果低于白浆土<sup>[1]</sup>。其后各地相继有应用钼的报导<sup>[3]</sup>,近来董玉琴等研究了吉林土壤、功能叶钼含量与施钼的产量关系<sup>[2]</sup>。我国关于大豆钼素应用机理研究很少。为此,著者在研究大豆缺钼素病基础上,对大豆钼素应用机理作了初步研究。

## 材 料 和 方 法

供试大豆品种中豆 19,用荷氏液水培,设 0.01、0.03、0.05、0.1、0.5、1.0 ppm 钼等处理,五次重复。栽培管理方法同前<sup>[7]</sup>。于大豆主要生育期,对不同处理的大豆形态建成、农艺性状、生理指标、种子生化品质进行测定。脂肪酸含量,固氮酶活性用气相色谱法,氨基

\* 本文于 1992 年 12 月 7 日收到。

This paper was received on Dec. 7, 1992.

酸用 835 氨基酸测定仪分析, NR 活性用比色法, 琥珀酸脱氢酶用红四氮唑还原法。土壤耕层有效钼、植株钼用 KCNS 比色法和极谱法。

## 结果与讨论

### 一、大豆主要种植土壤有效钼含量

对黄淮、长江中下游大豆产区主要土壤 178 个土样分析表明, 其耕层土壤有效钼含量变幅大, 为 0—0.26ppm, 其中小于 0.15ppm 的缺钼点次占测定点次的 98%, 不缺点次仅占 1.2%。土壤有效钼的高低与土壤类型有关。以潮土含量较高, 平均值为 0.084ppm, 沙土、砂姜黑土含量较低, 分别为 0.054 和 0.038ppm(表 1)。钼在土壤剖面中的垂直分布状况, 以耕层较多。如潮土 0~10cm 土层有效钼为 0.079, 10~20cm 层为 0.071, 20~30cm 层为 0.051, 30~40cm 层为 0.047ppm。土壤有效钼的含量, 还与 pH 值有关, 如有效钼含量较低的沙土, pH 为 7 左右时, 有效钼的变幅为痕迹~0.032, 而呈碱性的沙土、瓦碱土、臭碱土, 其有效钼则达 0.054~0.075。表 1 还说明, 南方的酸性土壤黄棕壤, 黄壤, 其有效含量低于富石灰性的潮土。极谱分析的结果趋势与之一致。

表 1 土壤中有有效钼含量(ppm)

Table 1 The available molybdenum contents in surface soil (ppm)

项 目 Items	潮 土 (二合土、淤土) Fluvo-aguic soil	黄棕壤 Yellow brown soil	黄 壤 Rarth	沙 土 Sandy soil	砂姜黑土 Sajang soil
平 均 值 Average	0.084	0.076	0.071	0.054	0.038
变 幅 Range	0~0.261	0~0.051	0~0.166	0~0.071	0~0.061

### 二、钼对大豆形态建成的影响

大豆缺钼的典型症状: 中上部叶的叶肉有失绿斑, 后转变为桔红色, 或红棕色环斑, 环中央有一黑点。叶厚或扭曲。花期以后, 下位叶失绿, 全叶呈均一的柠檬黄色, 病叶易焦枯脱落。

缺钼大豆根重较正常根约低 74.3—84.0%, 茎部约低 82.9—90.3%, 功能叶约低 88.6%, 根瘤数减少 69.6—97.2%, 饱荚数少 12.5%, 单株产量减少 19.6%。用不同钼浓度培养大豆, 五叶期至成熟期各器官干重变化与钼浓度可用幂函数表示。即各器官干重( $\hat{y}$ )变化在痕迹~0.1ppm 范围内呈正相关, 幂函数方程  $\hat{y}=Axe^{Bx}$ , 钼浓度大于 0.1ppm, 各器官干重不再增加并下降(表 2)。严重则致豆苗中毒, 叶片卷曲, 失绿, 植株细长瘦弱。

花期株高、节数、分枝、根瘤数, 成熟期根长、饱荚数亦与钼浓度呈幂函数关系, 唯秕荚数与之负相关(表 3)。

水培缺钼条件下, 大豆种子 17 种氨基酸中, 除胱氨酸、异亮氨酸含量较正常供钼处理高外, 其余均较之低(表 4)。

表 2 0.05—1ppm 浓度钼处理对大豆干重影响

Table 2 Effect of molybdenum concentration on soybean dry weight

单位:克  
dry wt, (g)

器 官 Organs	$\hat{y}=Axe^{bx}$	五叶期 5 th leaf	花 期 Flowering	荚 期 Podding	鼓粒期 Filling	成熟期 Maturing
根 Root	A	34. 1199	40. 2017	71. 2603	133. 0215	96. 5034
	B	-4. 0895	-3. 5956	-3. 5488	-3. 6915	-3. 8702
	r	-0. 9244	-0. 8784	-0. 8698	-0. 9049	-0. 9112
茎 Stems	A	17. 3243	36. 1792	84. 3335	165. 8691	116. 8622
	B	-3. 8997	-3. 9053	-3. 7488	-3. 8651	-4. 0434
	r	-0. 8936	-0. 9048	-0. 8721	-0. 8999	-0. 9045
叶 Leaves	A	33. 8628	60. 4843	138. 4554	279. 6505	113. 0246
	B	-3. 7985	-3. 8616	-3. 6829	-3. 7677	-3. 7390
	r	-0. 8957	-0. 8949	-0. 8828	-0. 8872	-0. 9349
叶柄 Petiole	A	4. 7538	9. 4749	26. 5706	70. 3374	46. 5029
	B	-4. 0562	-3. 7894	-3. 5425	-3. 7968	-3. 8479
	r	-0. 8833	-0. 8986	-0. 8759	-0. 9047	-0. 9306
荚 Pod	A	—	—	3. 0555	160. 8414	119. 2166
	B	—	—	-3. 7215	-3. 8912	-3. 9616
	r	—	—	-0. 8193	-0. 8868	-0. 9164
种子 Seeds	A	—	—	—	—	233. 1014
	B	—	—	—	—	-3. 9587
	r	—	—	—	—	-0. 9060

\* 表中 A、B 分别为  $\hat{y}=Axe^{bx}$  方程中二值, r 为其相关系数。

表 3 大豆性状与钼浓度关系

Table 3 The relationship of Mo with soybeans characters

水培 Mo 浓度 (ppm) The Mo concentration of medium (ppm)	花 期 Flowering				成熟期 Maturing		
	株 高 (cm) Height(cm)	节 数 No. of node	分 枝 No. of branch	根瘤数 No. of nodule	根 长 Root length	饱荚数 Feller rods/plant	秕 荚 Imperfect rods/plant
0. 01	37. 8	9. 5	0	47. 0	34. 2	20. 3	5. 6
0. 03	39. 7	10. 0	0. 5	76. 5	36. 9	22. 0	3. 8
0. 05	38. 0	9. 5	0. 5	79. 5	31. 2	24. 5	3. 2
0. 10	43. 6	11. 0	1. 5	105. 5	39. 2	21. 3	4. 3
0. 50	36. 3	9. 5	1. 0	60. 0	46. 4	26. 7	1. 3
1. 00	34. 8	10. 0	1. 5	84. 5	43. 3	21. 0	2. 7

表 4 缺与不缺钼处理大豆种子氨基酸含量 (%)

Table 4 The amino acid content of soybean seeds in molybdenum deficient treatment

处 理 Treatments	天门冬氨酸 Asp.	苏氨酸 Thr	丝氨酸 Ser.	谷氨酸 Glu	脯氨酸 Pro	甘氨酸 Gly	丙氨酸 Ala	胱氨酸 Cystine	缬氨酸 Val	蛋氨酸 Met	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	酪氨酸 Tyr	苯丙氨酸 Phe	赖氨酸 lysinal	组氨酸 His	精氨酸 Arg
缺 钼 Mo. deficiency	5.50	1.70	1.97	9.66	2.84	2.12	2.12	0.86	2.28	0.79	1.75	2.24	1.81	2.54	3.35	1.28	3.89
完全液 Normal Mo. supply	5.80	1.96	2.20	10.19	3.13	2.26	2.30	0.85	2.49	0.79	1.63	3.34	1.97	2.75	3.55	1.36	4.01

在缺钼砂姜土壤,对大豆喷 500ppm 钼,分析两个大豆品种种子脂肪酸含量,发现施钼降低油酸、亚油酸含量,其它脂肪酸含量一般有所提高(表 5)。此外,在缺钼条件下,种子粗脂肪含量下降,为 18.4%,正常种子为 21.8%。

表 5 钼对大豆种子脂肪酸的影响 (%)

Table 5 The effect of molybdenum deficiency on soybean fatty acid

品 种 Varieties	处 理 Treatments	棕榈酸 Palmitate	油 酸 Oitate	亚油酸 Linotate	亚麻酸 Linolenic acid	硬脂酸 Stearic acid
诱变 31	CK	12.05	28.79	51.54	5.31	2.31
Youbian 31	喷 Mo Spray Mo	13.31	28.72	48.99	6.16	2.83
阜阳 335	CK	11.52	32.03	45.58	7.97	2.90
Fuyang 335	Spray Mo	13.70	30.67	47.13	5.98	2.54

三、钼的生理效应

1. 分布与运转

缺钼条件下,钼主要分布于根、叶,而茎部较低(图 1)。如中豆 19 的 0.01ppm 处理,其根部在五叶期、花期、荚期、鼓粒期、成熟期钼含量占全株同期钼总量的百分数分别为 58.3、66.8、49.3、53.4、28.6,茎部为 21.1、15.5、29.8、23.3、22.20。而在不缺钼水平下,根部钼含量占全株钼总量分别为 41.9、43.9、39.9、24.4、18.4;茎部为 37.9、30.9、33.2、23.6、8.6;叶部分别为 20.3、20.9、27.6、23.7、11.1。即根部钼含量仍占主导,其次是茎、叶。成熟期种子中钼含量在全株中所占比例较高。如中豆 19 0.01ppm 缺钼处理为 35.5%,0.05ppm 处理则高达 50%,其余二个品种具有相似的趋势。

在缺钼、不缺钼条件下,营养器官中钼向种子中运转的比例有所不同。如 0.01ppm 缺钼处理种子中的钼主要源于根部,达 24.8%。其次是荚皮达 10.7%。不缺钼处理种子中钼主要源于茎、叶、荚皮,分别占 15.0%、12.6%、16.3%,根部仅占 6.2%。由此可知,介质钼充足,则钼贮于营养器官茎、叶中,成熟前则从营养器官调出贮于种子中。

大豆体内钼的浓度高低,与介质浓度在一定范围内呈正相关。如鼓粒期叶部钼浓度与

介质钼的浓度关系方程 $\hat{y}=1.5446+78.7989x,r=0.9853,(0<x<1.0\text{ppm})$ 。成熟期种子中钼浓度与介质钼浓度方程 $\hat{y}=8.8377+27.9337x,r=0.9358$ 。均说明大豆器官在某种程度上有富集钼能力<sup>[7]</sup>。

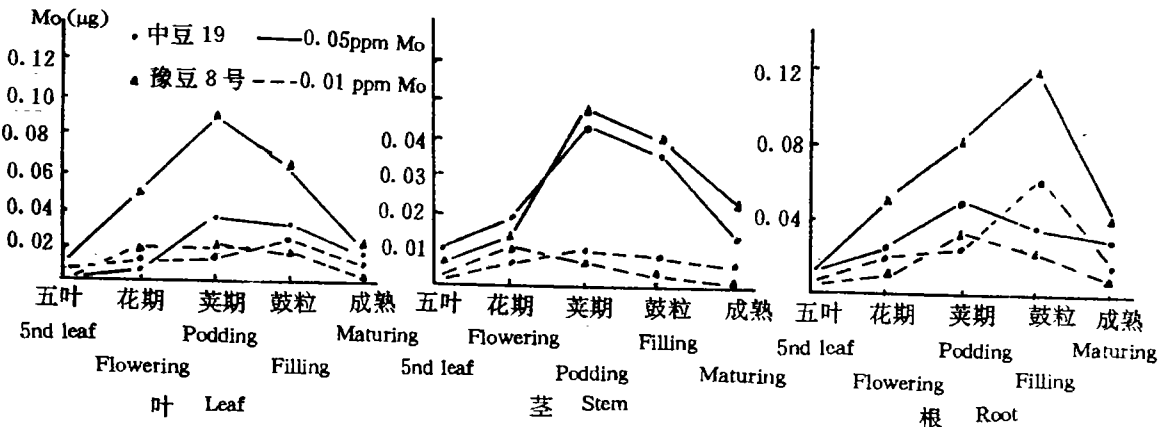


图 1 二个钼浓度处理的中豆 19 和豫豆 8 号各器官中钼含量  
Fig. 1 Mo content in differont organs of 2 soybean cultivars cuclured in 2 concatrations of Mo

2. 钼对光合作用及几种酶的效应

表 6 不同钼浓度对大豆叶绿素含量影响 单位:mg/100g

Table 6 The effect of different molybdenum concentration on aoybean chlorophyl

Mo (ppm)	大豆复 叶期	Ch. a				Ch. b				Ch. a+Ch. b			
		1	2	5	7	1	2	5	7	1	2	5	7
中豆 19 Zhongdon 19	0.01	0.1026	0.0915	0.1161	0.1172	0.0352	0.0406	0.0499	0.0878	0.1379	0.1321	0.1661	0.2050
	0.03	0.0989	0.0878	0.1294	0.1180	0.0351	0.0427	0.0649	0.0953	0.1340	0.1305	0.1944	0.2133
	0.05	0.1062	0.0958	0.1259	0.1312	0.0355	0.0441	0.0604	0.1044	0.1418	0.1349	0.1863	0.2356
	0.10	0.0990	0.1002	0.1285	0.0894	0.0340	0.0475	0.0633	0.0756	0.1331	0.1477	0.1918	0.1854
	0.50	0.0936	0.0852	0.1134	0.1377	0.0329	0.0394	0.0562	0.1089	0.1214	0.1246	0.1698	0.2461
	1.00	0.0931	0.0913	0.1145	0.1894	0.0329	0.0440	0.0536	0.0699	0.1260	0.1353	0.1681	0.2593
跃进 5 号 Yuejin 5	0.01	0.1020	0.1321	0.1392	0.1116	0.0366	0.0638	0.0684	0.0853	0.1386	0.1959	0.2076	0.1970
	0.05	0.1079	0.1047	0.1407	0.1169	0.0385	0.0499	0.0739	0.0932	0.1464	0.1546	0.2146	0.2101
豫豆 8 号 Yudou 8	0.01	0.0983	0.1179	0.1326	0.1365	0.0353	0.0594	0.0730	0.1122	0.1336	0.1773	0.2156	0.2487
	0.05	0.1052	0.1266	0.1390	0.1332	0.0396	0.0666	0.0727	0.1086	0.1448	0.1932	0.2168	0.2418

大豆缺钼光合作用下降。如正常处理为 24.0co<sub>2</sub>mg/g 干重/小时,缺钼则为 20.4 co<sub>2</sub>mg/g 干重/小时。

叶绿素 a、b 及总量,在水培介质 0.01—1.0ppm 钼范围内,可用幂函数方程 $\hat{y}=Axe^{Bx}$ 表示,而在 0.05—0.10ppm 钼范围内,叶绿素含量一般随钼浓度升高而增加(表 6)。

缺钼大豆固氮酶活性低于正常处理为 903.8mμ/C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/株·小时,正常为 12590.1

$\mu\text{mol C}_2\text{H}_2/\text{株} \cdot \text{时}$ 。NR 活性变化与介质钼浓度关系,其趋势与叶绿素变化相似(表 7)。

表 7 六种钼浓度对第一复叶期大豆叶部 NR 活性影响

Table 7 Effect of different Molybdenum concentration on NR activity at first compound leaf stage of soybean

钼浓度(ppm) The Mo concentration of medium (ppm)	0.01	0.03	0.05	0.10	0.50	1.00
硝酸还原酶活性 NR activity	3.56	3.70	7.27	5.04	5.53	痕迹

缺钼大豆体内积累  $\text{NO}_3^-$  与 NR 活性降低有关。正常条件下大豆功能叶中 NR 活性可持续至花期,在缺钼条件下只在第 1—3 片复叶期可测到 NR 活性。

大豆缺钼叶部多酚氧化酶、琥珀酸脱氢酶活性亦低,如多酚氧化酶活性较正常处理低 45.3%;琥珀酸脱氢酶活性与正常处理各为 5.6 和 8.0  $\text{TTCmg/g} \cdot \text{h}$ 。 $\alpha$ -淀粉酶亦有相同趋势,缺钼与正常处理分别为 10.26, 18.26 麦芽糖  $\text{mg/g} \cdot 5\text{min}$ 。

在水培介质 0.01—1.0ppm 钼范围内,未出现钼与铁的拮抗作用,即使钼浓度从 0.5 增到 1.0ppm 也未出现严重缺铁黄化症,与加入适量的钼能增加蕃茄对铁离子的吸收和运转<sup>[8]</sup>的结果一致。

众所周知,叶绿素含量高,利于光能吸收与传递;琥珀酸脱氢酶、多酚氧化酶活性增强,反映大豆体内呼吸电子传递加快。钼对大豆光合、呼吸作用增强,无疑对大豆、根瘤菌共生固氮提供了丰富能源。钼在光合、呼吸作用中功能应该为间接的。直接作用在于为固氮酶、NR 的组分。如固氮酶含非正铁血红素的铁,不稳定硫化物和钼蛋白复合物。后者由钼铁蛋白(分子量约 10 万),铁蛋白(分子量约 5 万)组成。NR 为钼黄素蛋白复合物。钼的直接作用还表现在增进了固氮酶、NR 活性,这对于固氮、吸收土壤中硝酸盐,还原并转化成复杂的含氮化合物,为大豆器官形态建成,蛋白质积累无疑非常重要。

我国长江、黄淮大豆产区土壤有效钼含量低,用 400ppm 钼盐拌种,平均增产 17%,高则达 30%,且蛋白质、氨基酸含量增加,脂肪虽减少,但由于单产增加,单位面积油脂产量有所增加,与国外结果一致<sup>[9]</sup>。

我国大豆单产提高慢,与大面积土壤缺钼不无关系。钼资源紧俏价格昂贵,钼直接土施不经济,用钼盐拌种,省工省肥,有广泛应用现实意义。施过钼的种子,其钼浓度达 2.6 ppm 以上,在缺钼地区用其作种源,效果亦较好,建议各地试用。

## 参 考 文 献

- [1] 朱淇等,1964,《中国科学院微量元素研究工作会议汇刊》,科学出版社
- [2] 董玉琴等,1990,《大豆科学》4:332—336
- [3] 吴明才,1983,《大豆科学》4:306—310
- [4] 吴明才,1990,《大豆科学》1:13—16
- [5] Arnon, D. I. et al., 1939,《Plant Physiology》,14:599-602
- [6] Nichlos, D. J. D, et al., 1955.《Plant Physiology》,30:135-138

- [7] Pierzynski, G. M. et al., 1986, *Journal of environmental quality*, (15), 4: 394-398
- [8] J. 邦纳等, 1984, 植物生物化学, 科学出版社, 390
- [9] Boswell, F. C. et al., 1969, *Agron. J.* 61: 58-60

## STUDY ON MOLYBDENUM SOYBEAN

Wu Mingcai Xiao Changzen

(*Institute of Oil Crop, CAAS*)

### Abstract

Molybdenum has been found deficient in soil of soybean producing area in Huang-Huai-Hai plain and the middle and lower reaches of Yangtze River. Available soil Molybdenum concentration less than 0.15 ppm and 98% in the area is deficient of Molybdenum. The results of water culture experiment showed that: (1) Under the condition of Mo deficiency, Molybdenum mainly located in the roots and leaves. On the contrary, Molybdenum was mainly stored in the seeds. (2) Soybean had the function of pooling Molybdenum. (3) The photosynthesis and the azotase activity were decreased in Mo deficient soybean. The activity of nitrate reductase and the contents of chlorophyll had positive correlation with Mo concentrations within the range of 0.05-0.1 ppm in water culture. (4) The plant dry weight and individual organ dry weight also had positive correlations with the Mo concentrations. (5) Molybdenum application increased the contents of 15 amino acids except cystine and isoleucine, reduced the oleic acid and linolic acid contents. (6) Molybdenum application increased the yield about 17% on the average.

**Key words** Molybdenum; Azotase; Nitrate reductase; Amino acid; Soybean

### 《玉米科学》1995 年征订启事

《玉米科学》是由吉林省农科院主办的学术性期刊。面向全国, 主要刊登以玉米为研究对象的遗传育种、品种资源、耕作栽培、生理生化、生物工程、营养施肥、植物保护、贮藏加工、国外玉米生产科研动态等方面的内容。

本刊为季刊, 季末月 25 日出版, 16 开, 80 页, 每册定价 2.00 元, 全年定价 8.00 元。邮发代号: 12-137, 国内外公开发售, 全国各地邮局(所)均可订阅。

编辑部地址: 吉林省公主岭市西兴华街 6 号吉林省农科院内

邮 编: 136100